

Драйверы IGBT на основе SCALE 2+

с защитными функциями мягкого выключения и активного ограничения

В статье рассмотрены характеристики нового двухканального драйвера Power Integrations, выполненного на основе усовершенствованного набора микросхем SCALE 2+. Ультратонкое ядро драйвера 2SC0115T предназначено для построения инверторов и преобразователей мощностью 90–500 кВт. Драйвер имеет усиленную электрическую изоляцию и поддерживает IGBT 1200 В с током до 1400 А. Новой защитной функцией драйвера является мягкое выключение его в случае короткого замыкания силового ключа.

Анатолий Бербенец

berben@efo.ru

РPower Integrations — ведущий мировой производитель драйверов для IGBT-преобразователей среднего и большого диапазона мощностей (до единиц мегаватт). Драйверы выполнены в виде модуля на печатной плате с использованием трансформатора в качестве

гальванической развязки, набора из двух заказных микросхем SCALE и встроенных источников питания (ИП). Использование заказных микросхем позволяет снизить до 85% количество компонентов схемы по сравнению с дискретными решениями и повысить надежность драйверов.

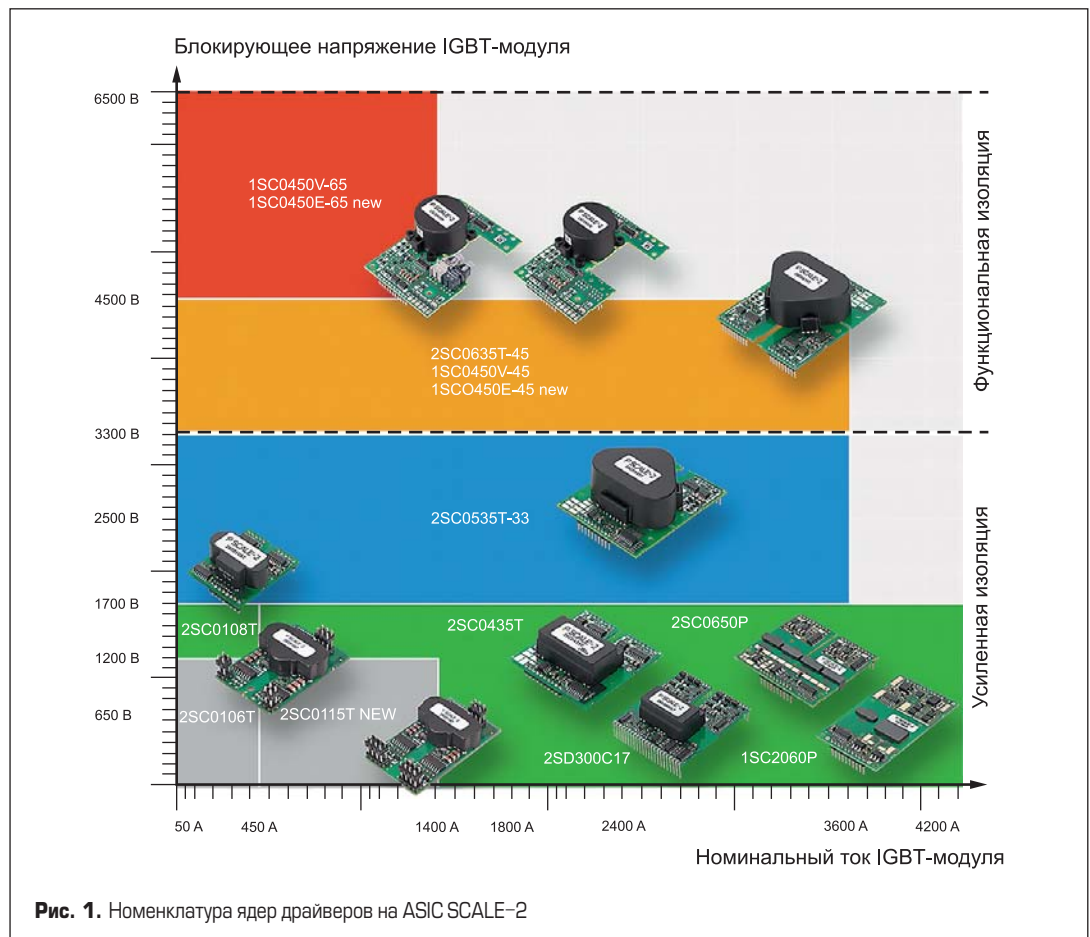


Рис. 1. Номенклатура ядер драйверов на ASIC SCALE-2

Номенклатура драйверов на основе технологий SCALE-1, SCALE-2 ранее неоднократно описывалась в [1] как продукция швейцарской фирмы ST-Concept. В 2014 г. фирма была приобретена компанией Power Integrations (PI), и с этих пор все драйверы по технологии SCALE выпускаются под этой маркой. Весь ассортимент драйверов можно разделить на так называемые ядра драйверов (driver core) и драйверы, адаптированные под конкретные IGBT-модули (Plug&Play drivers) практически всех ведущих мировых производителей. Номенклатура ядер и адаптированных драйверов на основе современного набора микросхем SCALE-2 приведена на рис. 1 и 2. В середине 2015 г. был выпущен усовершенствованный набор микросхем SCALE-2+, на основе которого создано ультракомпактное драйверное ядро 2SC0115T2A0-12. В набор SCALE-2+ была добавлена новая функция защиты драйвера в случае короткого замыкания (КЗ) в силовом ключе. К имевшейся ранее функции активного ограничения (Advanced Active Clamping, AAC) была добавлена функция мягкого выключения (Soft Shut Down, SSD). При этом при использовании драйвера может быть задействована либо SSD либо AAC. Функция мягкого выключения рекомендована для использования в случаях с малой паразитной индуктивностью DC-контура, когда в использовании функции улучшенного активного ограничения нет необходимости.

Драйвер 2SC0115T2A0-12

Так как 2SC0115T (рис. 3) является новым драйвером, приведем его основные характеристики [2, 3]:

- SCALE-2+ набор ASIC;
- программируемые защитные функции SSD и AAC;
- двухканальное ядро драйвера до 1200 В;
- ±15 А выходной ток управления затвором, ±15/-6 В;
- 1,2 Вт макс. на канал;
- регулируемый ИП на борту;
- время задержки <100 нс, до 50 кГц;
- напряжение DC-шины до 900 В;
- диапазон рабочих температур: -40...+105 °С;
- размеры: 53×31×13 мм.

Функции SSD и AAC

С момента появления драйверов по технологии SCALE-2 для защиты силового ключа от выброса коллекторного напряжения при выключении в случае КЗ использовались разные методы ограничения (clamping) этого выброса на заданном уровне, описанные ранее в [4]. В драйверах PI можно найти три реализации этого принципа:

- Базовый метод активного ограничения (AC), когда между коллектором и затвором силового IGBT включается цепочка из TVS-диода и нескольких пассивных компонентов. Недостаток — повышенная мощность,

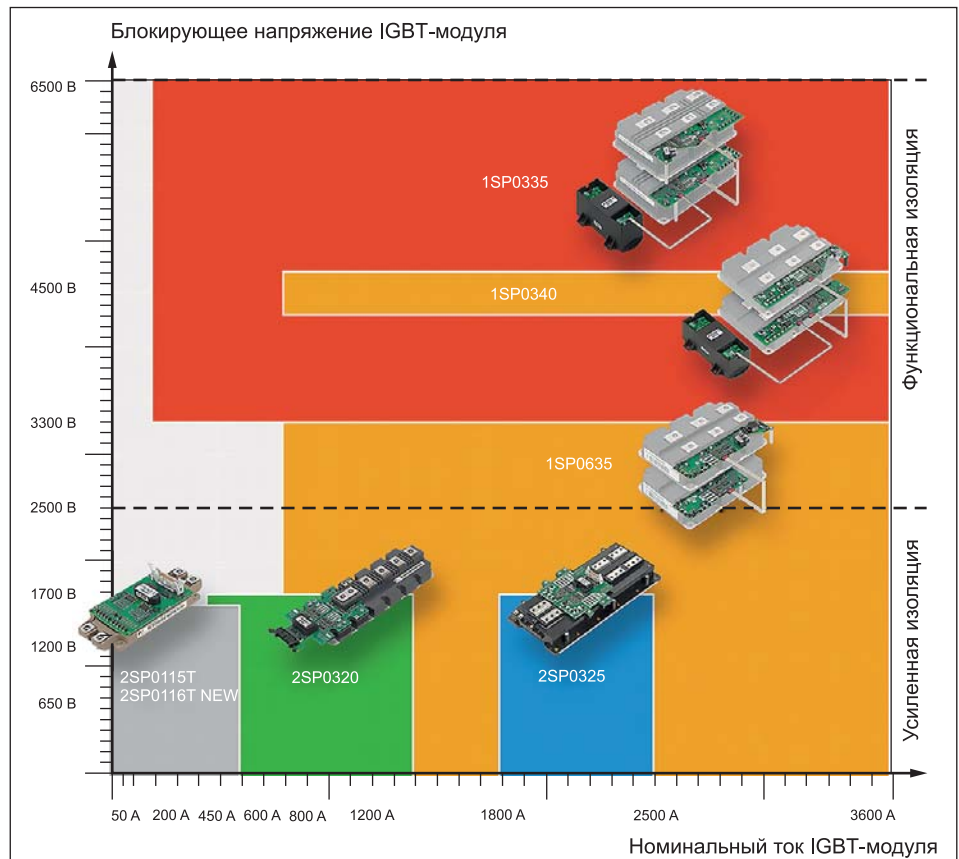


Рис. 2. Номенклатура драйверов на ASIC SCALE-2 адаптированных под IGBT-модули разных производителей

рассеиваемая на TVS-диоде подавления выбросов напряжения.

- Улучшенное активное ограничение (AAC), когда обратная связь с коллектора заводилась на специальный вывод ACLx выходной ASIC SCALE-2. Это решение позволило снизить потери от схемы ограничения при переключениях. Эта функция используется в драйвере, рассматриваемом в статье.
- Динамическое улучшенное активное ограничение A2AC — усовершенствование предыдущего метода введением динамически изменяемого порога ограничения, что позволило работать с повышенными напряжениями DC-шины.

С появлением набора ASIC микросхем SCALE-2+ компания PI стала использовать давно применяемый другими производителями драйверов метод снижения перенапряжений на силовом ключе при его выключении за счет плавного (ступенчатого) изменения управляющего напряжения на затворе силового ключа. Рассмотрим детальнее работу этой функции.

SSD-функция драйвера снижает скорость изменения тока коллектора при выключении IGBT-транзистора в случае обнаружения КЗ, что приводит в результате к уменьшению выброса напряжения «коллектор-эмиттер» U_{ce} . Благодаря этому силовой ключ не выходит при выключении за границы области безопасной работы (ОБР) по току и напряжению. SSD-функция реализуется через вы-

ходную ASIC схемой замкнутой обратной связи, которая активируется, как только обнаруживается КЗ. Измеряется величина напряжения «затвор-эмиттер» силового транзистора, которая затем подстраивается ASIC по следующему алгоритму:

- На первом шаге напряжение «затвор-эмиттер» U_{ge} понижается до значения, определяемого петлей обратной связи.
- Это значение поддерживается в течение времени плавного уменьшения тока коллектора до тех пор, пока величина заряда затвора не станет соответствовать точке окончания плато Миллера на зарядовой характеристике затвора IGBT. Эта точка определяется измерением тока затвора.



Рис. 3. Ядро драйвера 2SC0115T

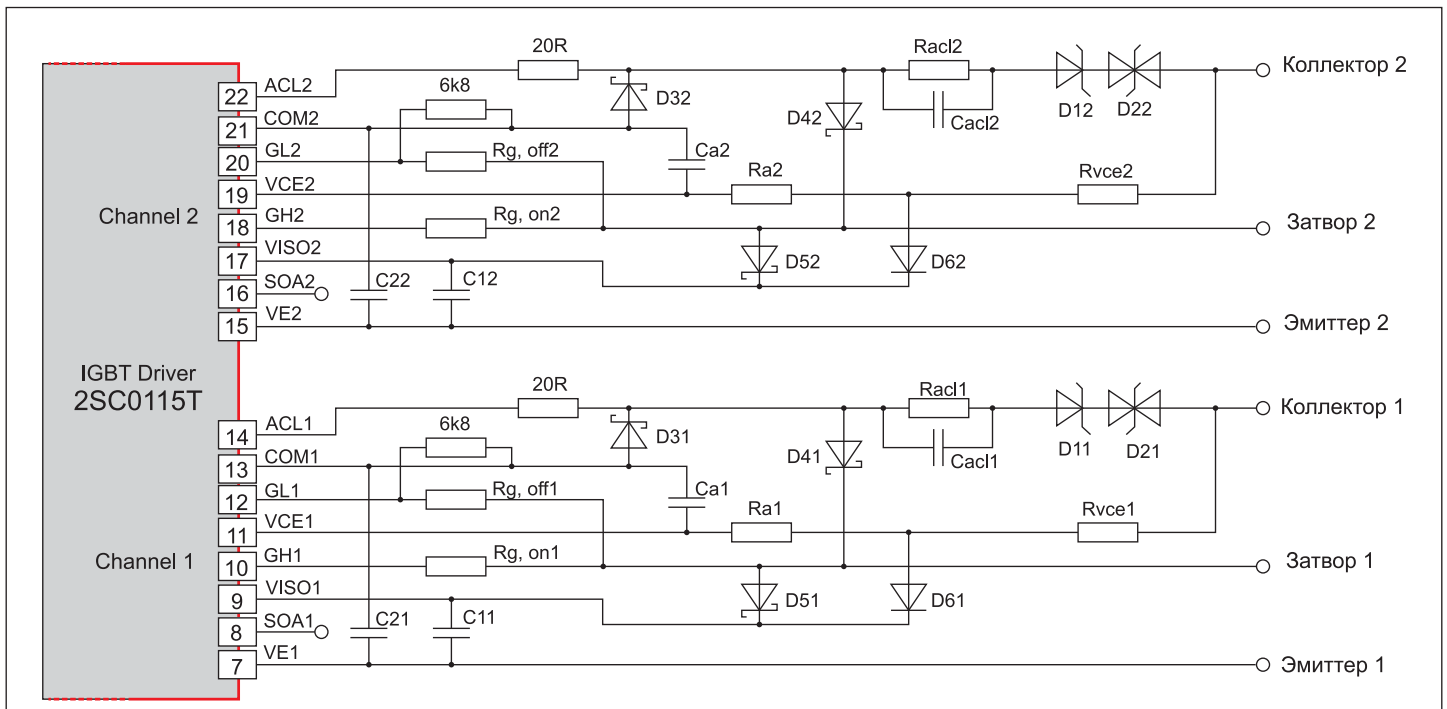


Рис. 4. Схема включения драйвера 2SC0115T только с функцией AAC (по вторичной стороне)

• На третьем шаге напряжение U_{33} снижается до величины полного выключения силового ключа (-6 В).
 Функция SSD активируется только в случае КЗ. Она не действует в режимах нормальной работы силового ключа, например при номинальном токе или при токовой перегрузке. Поэтому, чтобы избежать перенапряжений на коллекторе при выключении IGBT в нормальных режимах работы, при токовых перегрузках может потребоваться увеличение резистора выключения затвора или принятие мер по снижению паразитной индуктивности

DC-контура. Это одна из причин, почему SSD-функцию рекомендуют применять в случаях пониженной паразитной индуктивности DC-шины. Если расчеты и моделирование показывают, что эта индуктивность велика и перенапряжение выходит за границы ОБР, производитель рекомендует, в дополнение к SSD, использовать метод базового активного ограничения (рис.5) или «старую добрую функцию» AAC (рис. 4). Но в последнем случае совместное использование SSD и AAC недопустимо. Для активирования SSD-функции вывод ACLx драйвера должен быть соединен

с выводом COMx в соответствии с рис. 5 или 6. Следует отметить, что в случае использования SSD без базового AC компоненты D1x, D2x, Rac1x, Cac1x на рис. 5 могут быть исключены. На рис. 6 показано, как включить драйвер для активации или отключения SSD- и AAC-функций.

Заключение

- Рассмотрены основные характеристики нового бюджетного ядра драйвера 2SC0115T для преобразователей мощностью 90–

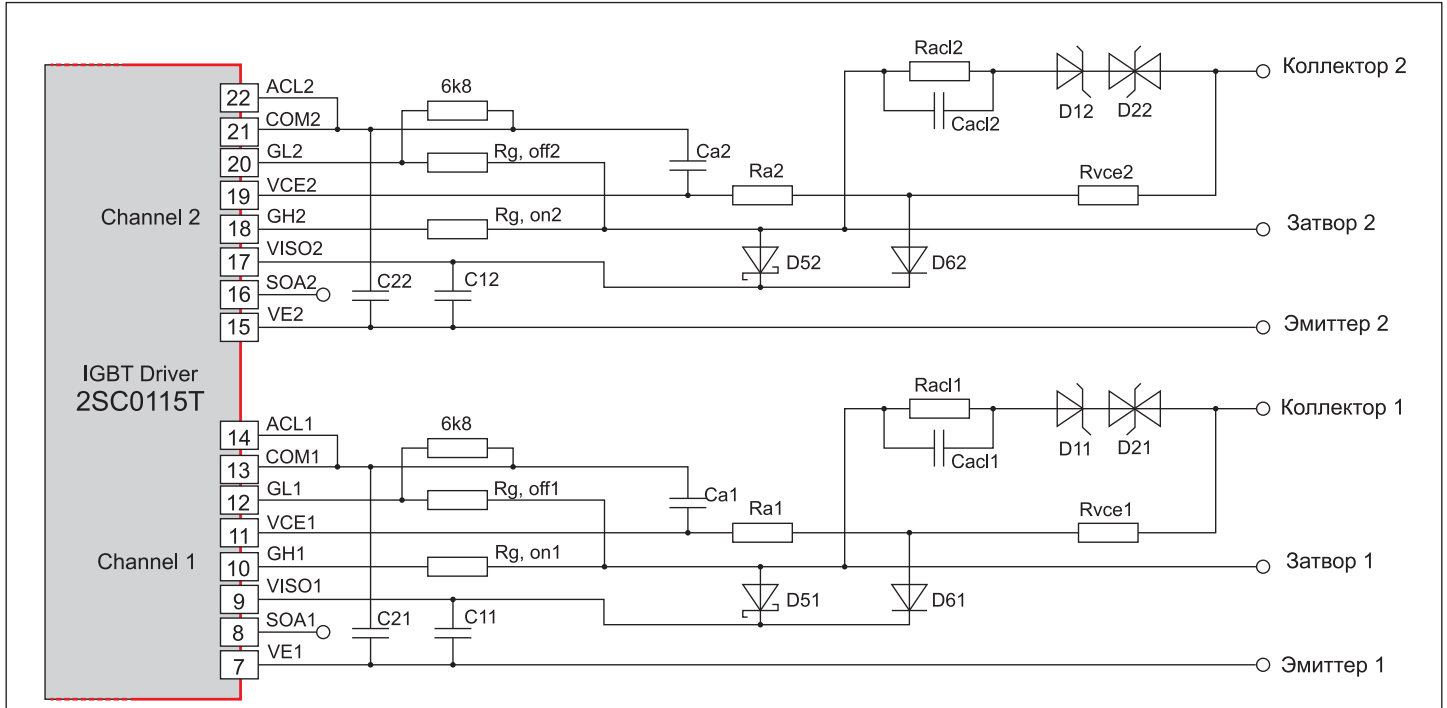


Рис. 5. Схема включения драйвера 2SC0115T2A0 с функцией SSD совместно с функцией базового ограничения AC

500 кВт. Драйвер имеет два канала, трансформаторную усиленную изоляцию и размеры 53×31×13 мм. Полное наименование для заказа драйвера — 2SC0115T2A0-12.

- Впервые в драйверах на основе технологии SCALE-2 используется защитная функция SSD в случае КЗ в цепи коллектора силового IGBT. Эта функция может быть использована как самостоятельно, так и вместе с базовой функцией ограничения выбросов на коллекторе. Но эта защитная функция не может работать вместе с фирменной функцией AAC.
- Из выпускаемых серийно ядер драйверов на наборе SCALE-2 функцией SSD оснащены еще две модификации двухканальных драйверов: 2SC0106T2A1-12 (IGBT до 450 А/1200 В и 600 А/650 В) и 2SC0435T2F1-17, 2SC0435T2G1-17 (два канала по 35 А до 1700 В).
- Конструкция, оптимизированная с точки зрения помехоустойчивости, позволяет размещать данный драйвер прямо на корпусе IGBT-модуля.

Литература

1. Бербенец А. Драйверы СТ-Concept для силовых IGBT- и MOSFET-модулей на базе нового ядра SCALE-2 // Силовая электроника. 2009. № 5.
2. www.power.com
3. 2SC0115T Manual
4. AN-1101: Application with SCALE-2 Gate Driver Cores.

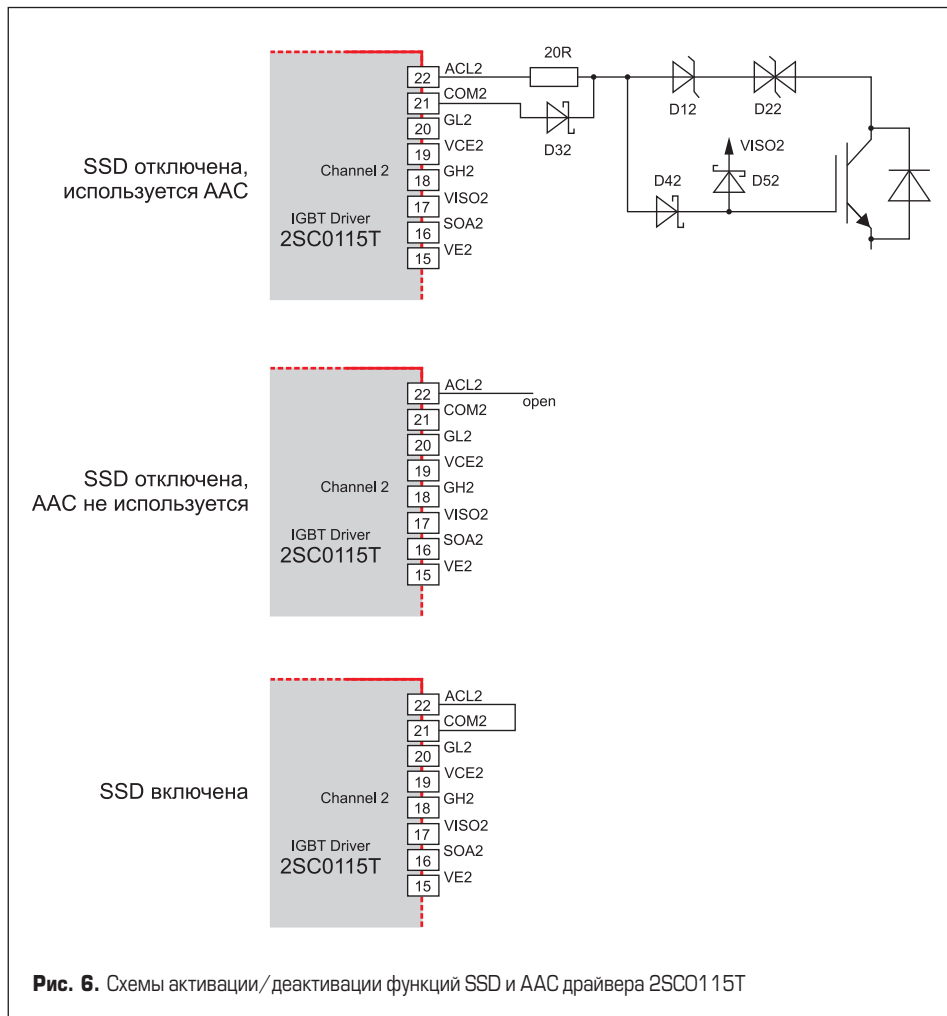


Рис. 6. Схемы активации/деактивации функций SSD и AAC драйвера 2SC0115T